

Wpływ ewentualnego podwyższenia dopuszczalnych nacisków osi pojazdów na sieć drogową na Węgrzech

Dla pewnych dziedzin inżynierii drogowej pojazdy ciężkie są wyjątkowo ważne. Projektowanie nawierzchni i ich wzmocnień, rozwój strategii utrzymania czy kompleksowych systemów utrzymania nawierzchni są uzależnione prawie wyłącznie od ruchu ciężkiego. Proces niszczenia nawierzchni zależy od liczby przejeżdżających pojazdów ciężkich, ich konfiguracji osiowych, typów i ładowności. Aby osiągnąć optymalną żywotność nawierzchni lub zapewnić minimalne koszty utrzymania i koszty użytkowników ważne jest sterowanie pojazdami ciężkimi.

Pojazdami ciężkimi można sterować, między innymi, poprzez:

- przepisy administracyjne, określające maksymalne dopuszczalne obciążenia i gabaryty pojazdów;
- system zbierania danych o naciskach na oś i masach pojazdów;
- system specjalnych instrukcji dla pojazdów ponadnormalnych pod względem mas, nacisków i rozmiarów;
- przestrzeganie przyjętych środków.

1. Dopuszczalne obciążenia osi pojazdu

Dla pojedynczych osi dopuszczalne obciążenie wynosi na Węgrzech 100 kN, podobnie jak w większości krajów europejskich. Jednakże w Belgii, Francji, Luksemburgu i Hiszpanii dopuszcza się 130 kN.

Niektóre zmiany w ostatnich latach:

- w Bułgarii, Danii, Finlandii, na Węgrzech i w Szwecji w połowie lat siedemdziesiątych podwyższono dopuszczalne obciążenie z 80 kN do 100 kN;
- we Włoszech i Szwajcarii, również w połowie lat siedemdziesiątych, dopuszczalne obciążenie podwyższono ze 100 kN do 120 kN;
- w Grecji podwyższono ze 100 kN do 130 kN około 1980 r.;
- w RFN ze 100 kN do 120 kN w 1986 r.

Dla osi tandemowych dopuszcza się zwykle 1,6-krotne obciążenie przypadające na oś pojedynczą.

Ogólnie można stwierdzić, że wzrost dopuszczalnych obciążeń na oś ma w Europie stałą tendencję. Dla poszczególnych krajów może to nie być tak istotne, gdyż przepisy w tym względzie nie zmieniają się częściej niż co 10...15 lat, ale z szerszego punktu widzenia tendencja ta jest oczywista.

Inną tendencją jest coraz bardziej szczegółowe określanie w przepisach typów osi i ich odległości. Na przykład dopuszczenie w RFN obciążeń do 110 kN odnosi się tylko do osi napędzanych, a dla pozostałych wynosi nadal 100 kN.

Ostatnio na skutek stosowania osi potrójnych pojawiły się nowe przepisy dotyczące tych osi. Na Węgrzech dopuszcza się obciążenie na oś potrójną 220 kN, gdy odległość między pierwszą i trzecią osią nie przekracza 2,60 m oraz 240 kN dla pozostałych osi.

2. Ważenie pojazdów i przestrzeganie obciążeń na Węgrzech

Ze względu na geograficzne położenie Węgry ważny jest ruch tranzytowy. W końcu lat osiemdziesiątych wjeżdża do kraju około 300 000 obcych pojazdów ciężarowych rocznie.

Dlatego wszystkie przejścia graniczne, na których ruch ciężarowy jest istotny, są wyposażone w urządzenia do statycznego ważenia pojazdów. Każdy pojazd ciężarowy wjeżdżający do kraju jest ważony.

Pojazdy o przekroczonych gabarytach, obciążeniach całkowitych i przypadających na oś zarówno węgierskie, jak i zagraniczne mogą się poruszać, jeśli mają zezwolenie na przejazd wydane przez władze drogowe. Zezwolenie zawiera wyznaczoną trasę i inne warunki przejazdu, wymagane ze względu na bezpieczeństwo, takie jak: maksymalna prędkość, eskorta, ograniczenie czasu przejazdu. Za przekroczenie dopuszczalnego obciążenia na oś są pobierane opłaty, uzależnione od wielkości przekroczenia i odległości transportu.

Wewnątrz kraju funkcjonuje 20 przenośnych urządzeń do ważenia. Jeżeli wykryją one pojazd o ponadnormalnych obciążeniach, jadący bez zezwolenia jest karany opłatą 10-krotnie wyższą niż przewidziana w taryfie. Zarówno stale, jak i przenośne wagi są stosowane prawie wyłącznie do kontrolowania pojazdów nadmiernie obciążonych. Po to, aby uzyskać statystyczne dane o wszystkich pojazdach, są pilnie potrzebne urządzenia do ważenia pojazdów w ruchu.

3. Obciążenia na oś i ich wpływ niszczący

Pojazdy ciężkie mają zasadniczy wpływ na strukturalne niszczenie nawierzchni. Do projektowania konstrukcji jezdni rzeczywista struktura obciążenia ruchem jest przeliczana na ekwiwalentną liczbę osi standardowych w ciągu całego okresu projektowego.

Procedury do określenia obciążenia ruchem są różne w różnych krajach, ale podstawowe założenia są wspólne, a mianowicie:

- okres trwałości nawierzchni jest określony jako liczba lat od oddania nawierzchni do ruchu do czasu osiągnięcia dolnej granicy zdolności użytkowej nawierzchni;
- prognoza ruchu jest wykonywana dla okresu projektowego (zmiany natężenia i struktury ruchu);
- do obliczeń brane są tylko pojazdy ciężarowe (pojazdy lekkie nie mają wpływu na nawierzchnię);
- pojazdy ciężarowe lub osie są przeliczane na pojazdy lub osie standardowe.

Ruch oszacowany na okres projektowy służy jako parametr projektowy i jest definiowany prawie jednolicie w osiach standardowych. Czasem są stosowane pojazdy standardowe (Polska i Rumunia) lub pojazdy ciężarowe (Francja, RFN). Obciążenie na oś standardową jest przyjmowane zwykle w wysokości 80...82 kN przy bliźniaczych kołach (w Belgii, Wielkiej Brytanii, Holandii, Szwajcarii, w metodzie AASHTO i w metodzie Instytutu Asfaltowego). W krajach TEM jest stosowane w zasadzie obciążenie na oś standardową 100 kN, chociaż w Turcji wynosi 82 kN, a w Rumunii 91 kN. Współczynniki przeliczeniowe F są prezentowane w postaci tabelarycznej (Wielka Brytania, Szwajcaria i metody: AASHTO i Instytutu Asfaltowego) lub mogą być obliczane z ogólnego wzoru:

$$F_t = \left(\frac{P_t}{P_o} \right)^n \quad (1)$$

gdzie:

- F_i — współczynnik przeliczeniowy,
 P_o — obciążenie standardowego koła (kN),
 P_i — obciążenie rzeczywiste koła (kN),
 n — współczynnik, zwykle równy 4,0 dla nawierzchni podatnych (tzw. prawo czwartej potęgi).

W Holandii przeliczenie osi ciężarowych L odbywa się poprzez liczbę ekwiwalentną n obliczaną z poniższego wzoru:

$$n = 2,2 \cdot 10^{-8} L^4 \quad (2)$$

gdzie: L jest wyrażona w kN.

We Francji dla pojedynczych osi jest stosowany wzór (1) a liczbę n przyjmuje się następująco:

- $n = 4$ dla nawierzchni podatnych,
 $n = 8$ dla nawierzchni zespolonych,
 $n = 12$ dla nawierzchni półsztywnych i sztywnych.

Natomiast dla osi tandemowych obowiązuje wzór:

$$F_i = k \left(\frac{P_i}{P_o} \right)^n \quad (3)$$

gdzie:

- $k = 1,0$ dla nawierzchni podatnych,
 $k = 1,5$ dla nawierzchni zespolonych,
 $k = 2,0$ dla nawierzchni sztywnych.

Zgodnie z zaleceniami organizacji OECD [3] jest możliwe określenie efektu niszczenia nawierzchni d przez pojazdy o różnych konfiguracjach osi w następujący sposób:

$$d = \left(k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \frac{P}{P_o} \right)^a \quad (4)$$

gdzie:

- P_o — obciążenie odniesienia, np. dopuszczalne obciążenie na oś (z bliźniaczymi kołami),
 P — rzeczywiste obciążenie na oś.

Tabela 1. Współczynniki do obliczeń efektu niszczenia nawierzchni

α	Wykładnik potęgi prawa niszczenia	a
k_1	konfiguracja osi	
	— pojedyncza	1,0
	— tandemowa	0,6
	— potrójna	0,45
k_2	rodzaj kół	
	— koła bliźniacze	1
	— koła pojedyncze o szerokich oponach	1,2
	— koła pojedyncze normalne	1,3
k_3	zawieszenie	
	— tradycyjne	1
	— ulepszone	0,95

Wartości współczynników α , k_1 , k_2 i k_3 podane w tabeli 1 są średnimi wartościami (rzeczywiste różnią się nieco w różnych krajach) przyjętymi dla nawierzchni bitumicznych i rozstawu osi tandemowej 1,35...1,50 m.

4. Rzeczywiste i przewidywane rozkłady obciążeń

Niektóre metody projektowania nawierzchni uwzględniają tylko ekwiwalentne obciążenie osi (100 kN), niezależnie od rzeczywistego rozkładu obciążeń. Jednakże obciążenia mierzone na drodze mogą znacznie różnić się od obciążeń dopuszczalnych i zależą od: parku samochodowego, rodzaju transportowanych towarów, udziału pojazdów pustych, surowości egzekwowania przepisów itd.

Dla przykładu studia przeprowadzone w Turcji wykazały, że 36% osi obciążonych jest ponad normę [4], we Francji 5%, a w RFN ponad połowa załadowanych pojazdów ma ponadnormatywne masy.

Na Węgrzech w 1985 r. wybrano losowo część ciężkich pojazdów w 75 punktach wewnątrz kraju i na 11 przejściach granicznych. Zważono 19 000 osi w 5500 pojazdach. Stwierdzono, że tylko 1...3% osi było obciążonych ponad normę. W wyniku szczegółowej analizy danych okazało się, że niektóre rodzaje pojazdów wykazują różne średnie obciążenie osi w różnych miejscach. Jednak te różnice nie były zależne ani od kategorii drogi, ani od lokalizacji przejścia granicznego. Dlatego zastosowanie średniego obciążenia na oś dla dużej sieci wydaje się eliminować różnice lokalne. Średnie obciążenia osi na Węgrzech podane są w tabeli 2.

Tabela 2. Średnie obciążenia osi na Węgrzech

Typ pojazdu	średnio	
	liczba osi	obciążenie osi [kN]
Sztywny	2,09	50,7
Przegubowy	4,61	59,7

Ponieważ wpływ niszczący obciążenia osi jest nieliniową funkcją obciążenia, średnie nie mogą być stosowane do dalszych obliczeń. Dlatego rozkład ruchu jest liczony z danych rzeczywistych i nanoszony na wykres, jak pokazano na rys. 1.

Suma wpływów niszczących różnych osi może być obliczona jako:

$$\sum f_i \cdot d_i$$

gdzie:

- f_i — częstość występowania kategorii i obciążenia osi,
 d_i — czynnik wpływu niszczącego obciążenia kategorii i .

Wpływ niszczący dla różnego obciążenia osi przedstawiono w tabeli 3.

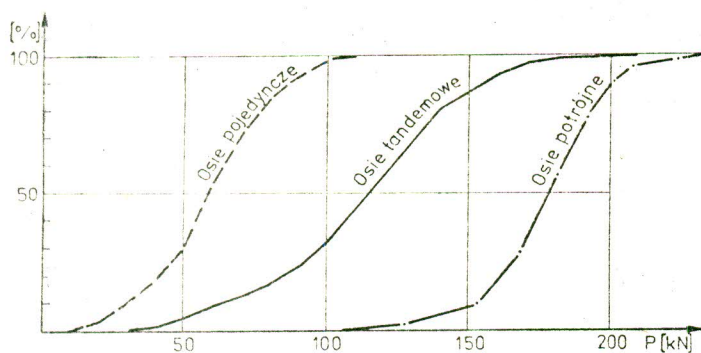
Tabela 3. Efekt niszczący różnych obciążeń osi

Kategoria obciążenia osi [kN]	Względna częstość f_i [%]	Czynnik niszczący d_i	Iloczyn $f_i \cdot d_i$	Względny efekt niszczący $\frac{f_i \cdot d_i}{\sum f_i \cdot d_i}$ [%]
Liczby jak w oryginale w języku angielskim				
Razem	100%		15,252	100%

Stwierdzono, że względnie mała liczba przeciążonych osi (około 1%) powoduje wzrost wpływu niszczącego o około 9...10%. Jednak znaczenie przeciążonych osi nie może być przeceniane, ponieważ ponad trzy czwarte zniszczenia jest powodowane przez „normalne” obciążenia 50...100 kN na oś.

Skoro kraje europejskie rozważają możliwość wzrostu dopuszczalnych obciążeń, należy się spodziewać, że inne kraje będą robić to samo. Możliwie wcześnie oszacowanie negatywnego wpływu na nawierzchnie może pomóc zmobilizować środki finansowe, aby zrekompensować wpływ niszczący.

Tu znowu musimy rozgraniczyć zmiany w ograniczeniach prawnych od zmian w rzeczywistym rozkładzie obciążeń, które zależą od złożonych reakcji producentów pojazdów



Rys. 1. Rozkład obciążeń osi pojazdów na Węgrzech w 1985 r.

i użytkowników. Zakładając wzrost obciążeń o 10 kN i stosując prawo czwartej potęgi wpływ niszczący byłby

$$1,1^4 = 1,46 \text{ razy większy}$$

Jednak wzrost 10 kN w obciążeniach dopuszczalnych niekoniecznie oznacza wzrost obciążeń rzeczywistych, ponieważ występują w ruchu pojazdy „średniociężkie”, częściowo załadowane lub puste, od których obciążenie nie zmienia się. Z drugiej strony wyższe dopuszczalne obciążenia będą także przekroczone.

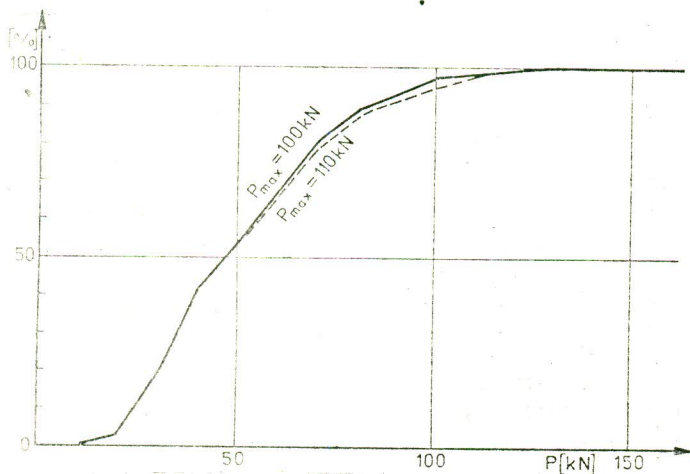
Podczas rysowania krzywej rozkładu obciążeń (rys. 2) przyjęto następujące założenia:

- obciążenia osi mniejsze niż 50 kN pozostają niezmienione,
- procent przekroczonych obciążeń pozostaje ten sam,
- przesunięcie krzywej między 50 kN. a 110 kN zmienia się liniowo.

Podobne obliczenia przeprowadzono dla wyższych dopuszczalnych obciążeń.

5. Wpływ zwiększonych obciążeń

Wpływ zmienionych rozkładów obciążeń może być obliczony według metody pokazanej w tabeli 3. W tabeli 5 zestawiono szacowane zmiany w zniszczeniach nawierzchni.



Rys. 2. Rzeczywisty i przewidywany rozkład obciążeń osi

Reakcja użytkowników na zwiększone obciążenia i zniszczenia może być różna. Rozwijanie optymalnej strategii utrzymania w dostosowaniu do długofalowego wpływu zmian wykracza jednak poza zakres tego artykułu. Jednak zmiany w obciążeniach mają także natychmiastowy wpływ. Na Węgrzech nośność nawierzchni jest oceniana na podstawie pomiarów ugięć. Stosunek ugięcia dopuszczalnego do rzeczywistego (u_d/u) oznacza stan nośności nawierzchni określany następująco (tabela 6).

Ugięcia dopuszczalne nie są wartościami absolutnymi, ale zależą od szacowanych sumarycznych liczb ekwiwalentnych osi (N_{100}).

Dla nawierzchni podatnych

$$\lg u_d = 1,16 - 0,22 \lg N_{100}$$

Oznacza to, że zmiany w rozkładzie ruchu powodują zmiany w ugięciach dopuszczalnych, a te z kolei zmiany w ocenie nośności.

Nośność nawierzchni na głównych węgierskich drogach może być opisana w sposób przedstawiony w tabeli 4.

Obecnie 34% sieci ma nośność dobrą, 13% zadowalającą i 13% do przyjęcia. Jeżeli dopuszczalne obciążenia zwiększyłyby się do 110 kN, tylko 23% sieci pozostałoby „dobre”, a nie do przyjęcia byłoby 31%. Zakładając dalszy wzrost obciążeń dopuszczalnych do 120 kN i 130 kN stan nośności nawierzchni uległby gwałtownemu obniżeniu.

Tabela 4. Zmiany w ocenach nośności nawierzchni na głównych drogach węgierskich w przypadku wprowadzenia podwyższonych dopuszczalnych obciążeń osi (w procentach długości dróg)

P [kN]	Ocena					Razem [%]	Średnia ocena
	1	2	3	4	5		
100	34	13	13	16	24	100	2,83
110	23	18	12	16	31	100	3,14
120	13	22	12	16	37	100	3,42
130	3	25	14	16	42	100	3,69

Tabela 5

obciążenie dopuszczalne [kN]	zniszczenie nawierzchni [%]
100	100
110	130
120	170
130	220

Tabela 6

$\frac{u_d}{u} - 100$	ocena	stan
powyżej 105	1	dobry
85...105	2	zadowalający
70...85	3	do przyjęcia
5...70	4	niezadowalający
poniżej 55	5	nie do przyjęcia

6. Wnioski

1) Producentom i użytkownikom samochodów, dążąc do obniżenia kosztów transportu, należą na zwiększenie obciążeń osi pojazdów.

2) Aby utrzymać sieci drogowe w należytym stanie ruchu pojazdów ciężarowych musi być kontrolowany przez służbę drogową.

3) Należy mieć świadomość, że wzrost dopuszczalnych obciążeń przyspieszyłby proces niszczenia nawierzchni i natychmiastową zmianę oceny stanu ich nośności.

4) Prawdopodobnie nieunikniony będzie niewielki wzrost dopuszczalnych obciążeń w ciągu najbliższych kilku lat. Wtedy sezonowa i lokalna kontrola obciążeń może przeciwdziałać nagłym zniszczeniom nawierzchni. Obliczenia zwiększonych zniszczeń pomogą znaleźć kompromis między użytkownikami pojazdów a służbą utrzymaniową.

DARIUSZ SYBILSKI

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Asfalt drogowy – wymagania normowe i ocena jakościowa

Asfalt — jako lepiszcze — w nawierzchni drogowej pełni bardzo istotną rolę, polegającą na stworzeniu błonki ochronnej na ziarnach kruszywa mineralnego i ich wzajemnym powiązaniu. Równocześnie, będąc w przeciwieństwie do kruszywa mineralnego, materiałem termoplastycznym, warunkuje zachowanie nawierzchni drogowej w całym zakresie temperatur eksploatacyjnych od ujemnych do dodatnich.

Ocena jakościowa asfaltów drogowych, pomimo swej niewątpliwiej wagi, znajduje niewielkie odzwierciedlenie w badaniach kontrolnych materiałów na etapie wykonawstwa robót. Badania takie, prowadzone w laboratorium wykonawcy robót drogowych, ograniczają się do sprawdzenia cech klasyfikacyjnych asfaltu, zwykle penetracji i temperatury mięknięcia. Często też wykonawca rezygnuje z tych badań, poprzestając na zaufaniu atestowi jakościowemu producenta asfaltu. Jest to praktyka powszechna i zrozumiała w czasie wykonywania robót. Szersze badania asfaltu, sprawdzające zgodność jego właściwości z wymaganiami normowymi mogą i powinny być wykonywane w przypadku możliwości wyboru dostawcy asfaltu i oczywiście w razie domniemania wad materiału.

Ze względu na znaczenie właściwości asfaltu dla końcowego rezultatu budowy — jakości nawierzchni drogowej — warto zastanowić się nad adekwatnością obowiązujących wymagań normowych z jakością asfaltu drogowego.

W artykule tym rozważania będą przeprowadzone na przykładzie asfaltów drogowych produkowanych w Polsce. Należy przy tym zauważyć, że są to asfalty odmienne od tych, które są stosowane w krajach Europy Zachodniej. Asfalty te pochodzą z przerobu ropy naftowej importowanej z ZSRR, z okręgu Romaszkino i Tiumeń. Ropa ta należy do rop lekkich, naftenowo-parafinowych. Ropa taka — ze względu na dużą zawartość lekkich frakcji — nadaje się do uzyskiwania paliw płynnych, jest natomiast niekorzystna dla produkcji asfaltów drogowych. Jak się powszechnie uznaje, najlepsze właściwości wykazują asfalty drogowe otrzymywane z rop średnich, podestylacyjne.

W polskich rafineriach asfalty drogowe (głównie D70 o penetracji od 65 do 85) są produkowane w dwóch tech-

Bibliografia

- [1] Transeuropean North-South Motorway Project (TEM): The Effect of Heavy Vehicles on Roads. United Nations Development Program (UNDP) 1965.
- [2] Von Becker P.: Anpassung der Asphaltbefestigungen an höhere Achlasten. Strasse und Autobahn. 1988. 3.
- [3] Impacts of Heavy Freight Vehicles — a report prepared by an OECD road research group, OECD — Paris, 1983.
- [4] Jones T.E., Robinson R.: 1975 Turkey traffic survey: axle loading. TRRL, LR 713. Crowthorne, 1976.
- [5] Caroff C.: Agressivité du trafic poids lourds-Analyse statistique et application au dimensionnement des chaussées. Revue Generale des Routes et des Aerodromes. 1981. 576.
- [6] Von Becker P.: Nutzfahrzeugkonstruktion — Strassenbeanspruchung. Strasse und Autobahn. 1985. 12.

tłumaczył: Tadeusz Suwara

nologiach. Pierwsza to utlenianie miękkiej pozostałości po destylacji (o penetracji od 150 do nawet 400), druga to komponowanie asfaltu z miękkiej pozostałości i twardego asfaltu propanowego (o penetracji 10—20). Pomimo tych zasadniczych różnic w technologii produkcji asfalt drogowy z nich uzyskiwany różni się stosunkowo nieznacznie swoimi właściwościami. Decydujące dla jakości asfaltu jest bowiem pochodzenie surowca.

1. Wymagania normowe dotyczące asfaltów drogowych i ocena jakościowa

Obowiązujące obecnie w większości krajów wymagania dotyczące asfaltów drogowych według zestawienia w [1] niewiele różnią się od stanu analizowanego przed ćwierćwieczem przez Kroma i Dormona. Wymagania te określają właściwości istotne z klasyfikacyjnego — handlowego punktu widzenia (penetracja w 25°C), a ponadto ujmują konsystencję asfaltu (temperatura mięknięcia, lepkość), czystość (zawartość części nierozpuszczalnych), warunki jego bezpiecznego stosowania (zawartość wody, temperatura zapłonu), określenie właściwości w niskich temperaturach (temperatura łamliwości), starzenie technologiczne i zmiany właściwości po starzeniu (odparowalność — zmiana masy, spadek penetracji, wzrost temperatury mięknięcia). Polskie wymagania normowe dla asfaltów drogowych nie stanowią tu wyjątku.

Jak pokazały wyniki licznych prac badawczych, spełnienie przez asfalt wymagań normowych nie zawsze jest równoznaczne z pozytywną jakościową oceną jego właściwości pod względem funkcjonalnym, jako lepiszcza drogowego. Opinia taka w Polsce jest potwierdzana przez praktyków, stosujących asfalty w budownictwie drogowym. Asfalty drogowe produkowane w naszym kraju są bowiem szczególnie obrazowym wyrazem tej tezy ze względu na swoje pochodzenie.

W badaniach Kalabińskiej i Piłata [2] asfalty drogowe były poddawane ocenie na podstawie wszechstronnych ba-